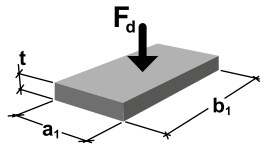
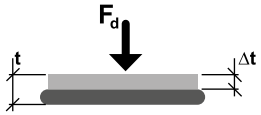
Kerncompactlager

Übertragung hoher Lasten und thermische Trennung im Bauwesen

Bemessung mit Designwerten

Die Bemessung der Lager erfolgt nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung bis zu einer Druckspannung $\sigma_{R,d} = 63\,N/mm^2$ (20 mm Dicke) und $\sigma_{R,d} = 42\,N/mm^2$ (5, 10 und 15 mm Dicken). Das Bemessungskonzept beruht auf dem Formfaktor.

BEANSPRUCHUNGSART

Bemessungswert der Tragfähigkeit	Lagereinfederung	Werkstoffeigenschaften
		

FORMEL

Für t ≤ 15 mm $\sigma_{R,d} = 16{,}2 \cdot S^{0{,}75} \leq 42\ [N/mm^2]$ Für t = 20 mm $\sigma_{R,d} = 34{,}2 \cdot S^{0{,}7} \leq 63\ [N/mm^2]$ Formfaktor S, s. Seite 2	s. Seite 4	Wärmeleitzahl λ: 0,2 [W/(m*K)] Oberflächenwiderstand nach DIN EN 20284: $7{,}5 \cdot 10^{10}\ \Omega$ Spezifischer Durchgangswiderstand nach DIN IEC 93: $2{,}1 \cdot 10^{12}\ \Omega\ cm$

LEGENDE FORMELZEICHEN

F_d	Vertikalkraft	$\sigma_{R,d}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit
A_E	Lagerfläche	t	Lagerdicke
S	Formfaktor, Verhältnis von gedrückter Lagerfläche A_E zur unbelasteten Mantelfläche	Δt	Lagereinfederung
		λ	Wärmeleitfähigkeit
a_1	Kürzere Lagerseite		
b_1	Längere Lagerseite		
a	Bauteilbreite		
b	Bauteillänge		

Kerncompactlager

Übertragung hoher Lasten und thermische Trennung im Bauwesen

Berechnung des Formfaktors

Für die Bemessung unbewehrter Elastomerlager wird der Formfaktor S als Verhältnis der gedrückten zur frei verformbaren Fläche herangezogen. Mit dem Formfaktor S wird die zulässige Druckspannung in Abhängigkeit der Lagerabmessungen berechnet.

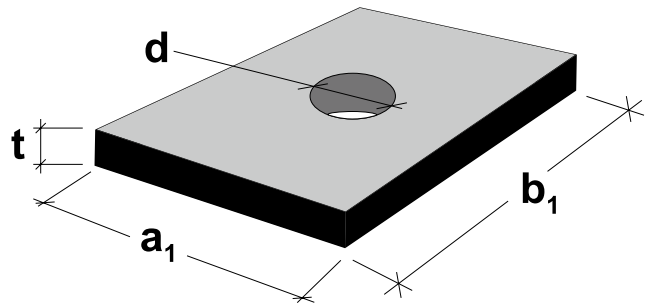
FORMFAKTOR FÜR RECHTECKIGE LAGER

Ohne Bohrung

$$S = \frac{b_1 \cdot a_1}{2 \cdot t\,(b_1 + a_1)}$$

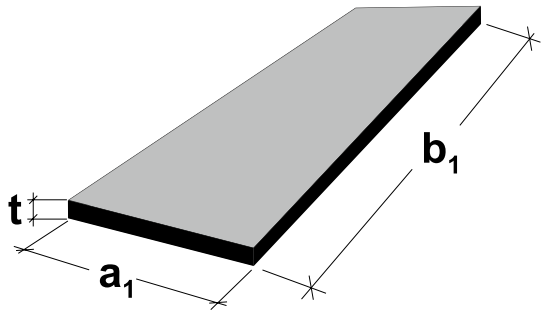
Mit Bohrung/en, $n \leq 4$

$$S = \frac{a \cdot b - \frac{\pi}{4} n \cdot d^2}{2 \cdot t\,(a+b) + t \cdot \pi \cdot n \cdot d}$$



FORMFAKTOR FÜR STREIFENFÖRMIGE LAGER

$$S = \frac{a_1}{2 \cdot t} \qquad b_1 >> a_1$$



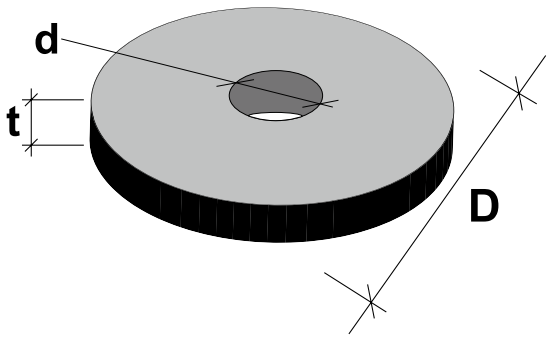
FORMFAKTOR FÜR RUNDE LAGER

Ohne Bohrung

$$S = \frac{D}{4 \cdot \sqrt{2}\, t}$$

Mit Bohrung

$$S = \frac{D - d}{4 \cdot \sqrt{2}\, t}$$



Kerncompactlager

Übertragung hoher Lasten und thermische Trennung im Bauwesen

Dicken: 5, 10 und 15 mm

Hinweis: Für t = 5 mm beträgt $\sigma_{R,d}$ = 42 mm². Diese tabellarische Übersicht wird hier nicht dargestellt.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen den Bemessungswert der Tragfähigkeit und den zulässigen Drehwinkel in Abhängigkeit von den Lagerabmessungen. Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.

LAGER		BEMESSUNGSWERT DER TRAGFÄHIGKEIT, $\sigma_{R,d}$ [N/mm²]															
Dicke	Breite	LAGERLÄNGE [mm]															
[mm]	[mm]	100	110	120	130	140	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500
10	100	32,2	33,4	34,4	35,3	36,2	36,9	38,6	40,0	41,1							
	110	33,4	34,6	35,7	36,7	37,7	38,5	40,4	41,9								
	120	34,4	35,7	36,9	38,0	39,0	40,0										
	130	35,3	36,7	38,0	39,2	40,3	41,3										
	140	36,2	37,7	39,0	40,3	41,5											
	150	36,9	38,5	40,0	41,3												
	160	37,6	39,3	40,8													
	175	38,6	40,4														
	200	40,0	41,9														
	250																
	300																

42,0

LAGER		BEMESSUNGSWERT DER TRAGFÄHIGKEIT, $\sigma_{R,d}$ [N/mm²]															
Dicke	Breite	LAGERLÄNGE [mm]															
[mm]	[mm]	100	110	120	130	140	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500
15	100	23,8	24,6	25,4	26,1	26,7	27,2	28,5	29,5	30,3	31,1	31,7	32,2	33,1	33,8	34,4	34,9
	110	24,6	25,5	26,4	27,1	27,8	28,4	29,8	30,9	31,8	32,7	33,4	34,0	35,0	35,8	36,4	37,0
	120	25,4	26,4	27,2	28,1	28,8	29,5	31,0	32,2	33,3	34,1	34,9	35,6	36,7	37,6	38,4	39,0
	130	26,1	27,1	28,1	28,9	29,7	30,5	32,1	33,4	34,6	35,5	36,4	37,1	38,4	39,4	40,2	40,9
	140	26,7	27,8	28,8	29,7	30,6	31,4	33,1	34,5	35,8	36,8	37,8	38,6	40,0	41,1		
	150	27,2	28,4	29,5	30,5	31,4	32,2	34,0	35,6	36,9	38,1	39,1	40,0	41,5			
	160	27,8	29,0	30,1	31,1	32,1	33,0	34,9	36,6	38,0	39,2	40,3	41,3				
	175	28,5	29,8	31,0	32,1	33,1	34,0	36,2	37,9	39,5	40,8						
	200	29,5	30,9	32,2	33,4	34,5	35,6	37,9	40,0	41,7							
	250	31,1	32,7	34,1	35,5	36,8	38,1	40,8									
	300	32,2	34,0	35,6	37,1	38,6	40,0										
	350	33,1	35,0	36,7	38,4	40,0	41,5										
	400	33,8	35,8	37,6	39,4	41,1											
	450	34,4	36,4	38,4	40,2												

42,0

Kerncompactlager

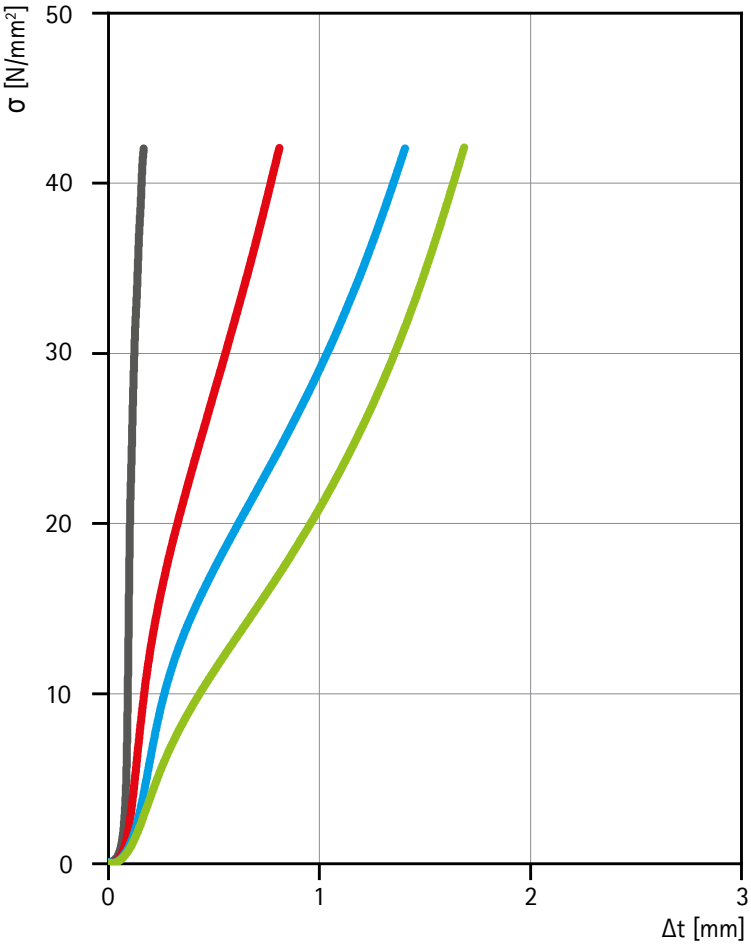
Übertragung hoher Lasten und thermische Trennung im Bauwesen

Dicke: 20 mm

LAGER		BEMESSUNGSWERT DER TRAGFÄHIGKEIT, $\sigma_{R,d}$ [N/mm²]															
Dicke	Breite	LAGERLÄNGE [mm]															
[mm]	[mm]	100	110	120	130	140	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500
20	100	40,0	41,3	42,5	43,6	44,5	45,4	47,3	48,9	50,2	51,3	52,3	53,1	54,5	55,6	56,4	57,2
	110	41,3	42,7	44,0	45,2	46,3	47,2	49,4	51,1	52,5	53,8	54,9	55,8	57,3	58,6	59,6	60,4
	120	42,5	44,0	45,4	46,7	47,8	48,9	51,2	53,1	54,7	56,1	57,3	58,3	60,0	61,4	62,5	
	130	43,6	45,2	46,7	48,0	49,3	50,4	52,9	55,0	56,7	58,2	59,5	60,7	62,6			
	140	44,5	46,3	47,8	49,3	50,6	51,8	54,5	56,7	58,6	60,2	61,6	62,9				
	150	45,4	47,2	48,9	50,4	51,8	53,1	55,9	58,3	60,3	62,1						
	160	46,2	48,1	49,9	51,5	52,9	54,3	57,3	59,8								
	175	47,3	49,4	51,2	52,9	54,5	55,9	59,2	61,9								
	200	48,9	51,1	53,1	55,0	56,7	58,3	61,9									
	250	51,3	53,8	56,1	58,2	60,2	62,1										
	300	53,1	55,8	58,3	60,7	62,9											
	350	54,5	57,3	60,0	62,6												
	400	55,6	58,6	61,4													
	450	56,4	59,6	62,5													
	500	57,2	60,4														
	550	57,8	61,1														
	600	58,3	61,7														

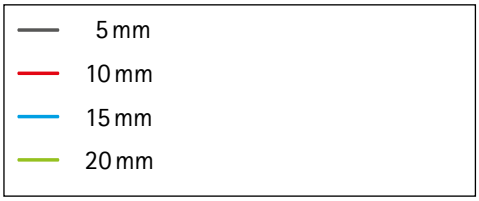
63,0

Federkennlinie



DIAGRAMM

Das folgende Diagramm zeigt das Druckstauchungs-verhalten beim Einsatz zwischen Betonoberflächen (Fertigteile).



Kerncompactlager

Übertragung hoher Lasten und thermische Trennung im Bauwesen

Bemessung

Statische Bemessung einer thermischen Trennschicht vom Typ Kerncompactlager nach Verfahren gemäß Artikel im Bauingenieur 11/2005 „Bemessung von Stirnplattenanschlüssen mit elastomeren Zwischenlagen", Prof. Dr. L. Nasdala, B. Hohn, R. Rühl

GEOMETRIE

Abmessung Stirnplatte

- Höhe Stirnplatte h_p
- Breite Stirnplatte b_p
- Anzahl Bohrungen n
- Durchmesser Bohrungen d
- Vertikaler Abstand der Bohrungen e_2

Gewählter Randabstand* d_r

Daraus ergeben sich die

- Höhe der thermischen Trennschicht h_e
  $h_e = h_p - 2\,d_r$
- Breite der thermischen Trennschicht b_e
  $b_e = b_p - 2\,d_r$

Dicke der thermischen Trennschicht t_e

*) Calenberg Ingenieure empfiehlt einen Randabstand zwischen der thermischen Trennschicht und dem Stirnplattenrand, der der Dicke der thermischen Trennschicht entspricht. Dies geschieht nicht aus statischen, sondern aus visuellen Gründen und soll dem Ausbauchen des Kerncompactlagers aus der Lagerfuge vorbeugen.

BELASTUNGEN

Bemessungsmoment (positiver Wert bedeutet Druck auf die untere Bauteilhälfte) $M_{y,d}$
Bemessungsnormalkraft (negativer Wert bedeutet Druckkraft) N_d
Vorspannkraft pro Schraube F_S

Charakteristisches Niveau wird angewendet aufgrund der Schraubenvorspannkraft

Daraus ergeben sich

- das charakteristische Moment $M_y = M_{y,d} / 1{,}4$
- die charakteristische Normalkraft $N = N_d / 1{,}4$

BERECHNUNG DER VORHANDENEN SPANNUNG σ_{vorh}

Spannungsnulllinie z_0:

$$z_0 = \frac{n * F_s - N}{12\,M_y}\,h^2_e$$

Fall a):

$|z_0| > h_e/2 \rightarrow$ Spannungsnulllinie außerhalb des Querschnitts $\rightarrow$ Nur Druckspannung im Querschnitt

Wirksame Höhe h_m:

$$h_m = h_e + \frac{2\,M_y}{N - n * F_s}$$

Vorhandene charakteristische Druckspannung σ_{vorh}:

$$\sigma_{vorh} = \frac{(N - n * F_s)^2}{b_e\,[h_e\,(N - n * F_s) + 2\,M_y]}$$

Vorhandene Design-Druckspannung $\sigma_{vorh,d}$:

$$\sigma_{vorh,d} = 1{,}4 * \sigma_{vorh}$$

Kerncompactlager

Übertragung hoher Lasten und thermische Trennung im Bauwesen

Bemessung

Fall b):

$|z_0| \leq h_e/2 \rightarrow$ Spannungsnulllinie innerhalb des Querschnitts $\rightarrow$ Zug- und Druckspannungen im Querschnitt

Schraubenzugspannung F:

$$F = \frac{N - n * F_s}{h_e}\left(\frac{h_e}{2} - Z_0\right) + \frac{6 M_y}{h^3_e}\left(\frac{h_e^2}{4} - Z_0^2\right)$$

$$h_m = h_e + \frac{2 M_y - F * e_2}{N - n * F_s - F}$$

Vorhandene charakteristische Druckspannung σ_{vorh}:

$$\sigma_{vorh} = \frac{(N - n * F_{s,d} - F)^2}{b_e\,[h_e\,(N - n * F_s - F) + 2 M_y - F * e_2]}$$

Vorhandene Design-Druckspannung $\sigma_{vorh,d}$:

$$\sigma_{vorh,d} = 1{,}4 * \sigma_{vorh}$$

BERECHNUNG DER ZULÄSSIGEN SPANNUNG $\sigma_{zul,d}$

Formfaktor S (Verhältnis gedrückter Fläche zur Mantelfläche)

Ist $h_m \leq 2/3\ h_e$? $\rightarrow$ ja $\rightarrow$ nein

Bei ja:
Annahme: nur eine Schraubenreihe im Druckbereich

$$S = \frac{h_m * b_e - \pi \frac{d^2}{2}}{2t_e\,(h_m + b_e + \pi d)}$$

$$\sigma_{zul,d} = 16{,}2 * S^{0{,}75} \leq 42\ N/mm^2 \quad \text{für } t < 20\,mm$$

$$\sigma_{zul,d} = 34{,}2 * S^{0{,}7} \leq 63\ N/mm^2 \quad \text{für } t = 20\,mm$$

Vergleich zwischen vorhandener Spannung und zulässiger Spannung: Wenn $\sigma_{zul,d} \geq \sigma_{vorh,d}$ ist der Nachweis erbracht!

Bei nein:
Annahme: alle Schraubenreihen im Druckbereich

$$S = \frac{h_m * b_e - n\pi \frac{d^2}{4}}{t_e\,(2h_m + 2b_e + n\pi d)}$$

$$\sigma_{zul,d} = 16{,}2 * S^{0{,}75} \leq 42\ N/mm^2 \quad \text{für } t < 20\,mm$$

$$\sigma_{zul,d} = 34{,}2 * S^{0{,}7} \leq 63\ N/mm^2 \quad \text{für } t = 20\,mm$$

Vergleich zwischen vorhandener Spannung und zulässiger Spannung: Wenn $\sigma_{zul,d} \geq \sigma_{vorh,d}$ ist der Nachweis erbracht!

QR-CODES ZU DEN HANDBÜCHERN DER BEMESSUNGSSOFTWARE PCAE

Biegestoß mit thermischer Trennschicht
Programm 4h-ec3tt

Biegesteifer Trägeranschluss
Programm 4h-ec3bt

Der Inhalt dieser Druckschrift ist das Ergebnis umfangreicher Forschungsarbeit und anwendungstechnischer Erfahrungen. Alle Angaben und Hinweise erfolgen nach bestem Wissen; sie stellen keine Eigenschaftszusicherung dar und befreien den Benutzer nicht von der eigenen Prüfung, auch im Hinblick auf Schutzrechte Dritter. Für die Beratung durch diese Druckschrift ist eine Haftung auf Schadenersatz, gleich welcher Art und welchen Rechtsgrundes, ausgeschlossen. Technische Änderungen im Rahmen der Produktentwicklung bleiben vorbehalten.

© Copyright – Calenberg Ingenieure GmbH – 2025

Calenberg Ingenieure GmbH | Am Knübel 2-4 | 31020 Salzhemmendorf | Deutschland | info@calenberg-ingenieure.de | www.calenberg-ingenieure.de